Ueber die Bedeutung des **Kochens und Kauens Kohlehydrathaltiger Nahrungsmittel** für die Verdauung.

Inaugural-Dissertation

verfasst und der

hohen medicinischen Facultät

der

K. Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshilfe

vorgelegt von

Felix Meyer
appr. Arzt
aus **Magdeburg.**

ACAD
LUDG
WÜRZ
BIBL

Würzburg.
Anton Boegler'sche Buchdruckerei
1900.

Referent: Herr Prof. Dr K. B. Lehmann.

Meinen lieben Eltern!

In dem hygienischen Institut des Herrn Prof. Dr. K. B. Lehmann zu Würzburg wurden von Herrn Dr. Gaudenz, Zahnarzt in Tharasp, Untersuchungen über die Zerkleinerung der Speisen beim Kauen und über die Löslichkeit der Speisen durch den Mundspeichel angestellt. Die sowohl physiologisch interessanten als zahnärztlich wichtigen Ergebnisse dieser Arbeit veranlassten Herrn Prof. Dr. Lehmann, mich für diesen Stoff zu interessieren und mich zu folgenden Versuchen anzuregen:

I. Versuche a): die Zuckermenge zu bestimmen, die aus zuckerhaltigen Nahrungsmitteln bei verschiedenen Graden der Zerkleinerung in Lösung gehen;
b) Bestimmung der gelösten Zuckermenge nach Kochen der Nahrungsmittel bei im übrigen gleicher Versuchsanordnung.

II. Versuch a): die Zuckermenge zu bestimmen, welche bei verschiedenen Graden der Zerkleinerung nach Einwirkung von Malzdiastase in bestimmter Zeit aus mehlhaltigen rohen Nahrungsmitteln entsteht;
b) dieselben Versuche bei verschiedenen Graden der Zerkleinerung nach Einwirkung des Kochens.

Meines Wissens ist über den Wert der Zerkleinerung der Speisen nach diesen Gesichtspunkten hin noch nicht gearbeitet worden, und mögen meine auf experimentell-wissenschaftlicher Basis beruhenden Resultate dazu beitragen, den Wert des instinktiv geübten Kauens und Kochens vegetabilischer Nahrung durch Zahlen veranschaulichen und den Nutzen desselben bewerten zu können.

Aus der Arbeit des Herrn Dr. Gaudenz ging hervor, dass ein für den normalen Kauakt passender Bissen

ein Volumen von ca. 5 cbcm. habe, dessen Gewicht von dem specifischen Gewicht des betreffenden Nahrungsmittels abhängig ist, und dass dieser Bissen bei normalem Gebiss in ½ Min. durch den Kauakt genügend zerkleinert werde, um das Gefühl der Schluckbarkeit hervorzurufen. In dem so erhaltenen Brei befänden sich stets eine begrenzte Anzahl gröbster Partikelchen von über 7 mm. Durchmesser.

Die kleinsten Partikelchen hätten (bei normalem Gebiss) etwa 0,01 mm., die gröbsten Teilchen überstiegen meist einen Durchmesser von über 12 mm. nicht. Stücke von über 12 mm. Durchmesser würden beim Schlucken des Breies ziemlich vollständig im Munde zurückbehalten und erlitten eine nachträgliche Zerkleinerung.

Aus den angeführten Resultaten erhellte für meine Versuchsanordnung, wollte ich mich annähernd in den Grenzen des Physiologischen halten, Folgendes:

1) Das Volum der zu untersuchenden Substanz womöglich in der Grösse und dem Gewicht eines Bissens zu wählen. In Anbetracht der geringen Mengen Zuckers, die aus nur grob zerkleinerten Stücken der angewandten Substanz gelöst werden, wählte ich je nach der voraussichtlich entstehenden Zuckermenge entweder 5 oder 10 g. Was den Grad der Zerkleinerung anbetrifft, so wählte ich 3 Abstufungen: 1) eine Masse, die auf dem Reibeisen gerieben oder im Mörser fein zerstossen, nur sehr feine Partikelchen enthielt, 2) Würfel von 1 mm. Seitenlänge, 3) Würfel von 1 cm. Seitenlänge, wie sie normal nicht mehr geschluckt zu werden pflegen.

Als Substanzen verwandte ich für den ersten Versuch Aepfel und Moorrüben, für den zweiten Versuch neue Kartoffeln und Maccaroni.

Die Versuche wurden zum Teil doppelt und ganz unabhängig von einander gemacht, indem mein werter

Freund, Herr M. Götz, appr. Arzt, die Gewogenheit hatte, die Kontrollversuche zu übernehmen, wofür ich ihm zu grossem Danke verpflichtet bin.

Versuch I.

Je 10 g. Apfel (Art Reinette) wurden in rohem Zustand zerkleinert:

a) in Stücke von 1 cbcm.,
b) in Stücke von 1 cbmm.,
c) gerieben.

Ebenso viele Portionen wurden aus einem, 1/2 Stunde in toto im Dampftopf erhitzten Apfel [1]) bereitet, eine jede sodann mit 50 cbcm Aq. dest. versetzt und eine halbe Stunde in den Brutschrank bei 37° gestellt. Sodann wurde sogleich abfiltriert und der in den Gläsern noch haftende Rückstand mit 10 ccm. Aq. dest. nachgespült. Einer weiteren Auslaugung der Substanzen suchte ich durch schnelles Entfernen des Filterrückstandes vorzubeugen. Von dem stets annähernd 60 ccm. betragenden Filtrat, wurden 5 ccm. mit 50 ccm. Fehling-scher Lösung und 95 ccm. Aqua dest. gekocht. Die Kochdauer betrug 2 Minuten. (Sie wurde so gewählt, weil der Zucker als Dextrose und Laevulose vorhanden ist.) Dann wurde heiss durch einen Asbestfilter kunstgerecht filtriert und nachgespült. Das blaue Filtrat (Kupferlösung) wurde in einem Messkolben auf 250 ccm. aufgefüllt. Davon wurden 25 ccm. mit 25 Aq. dest. verdünnt und nach Lehmann's jodometrischer Zuckerbestimmung mit verdünnter H_2SO_4 und festem Jodkali versetzt und nach 3 Minuten Stehen mit 1/10 normal $Na_2S_2O_3$ titriert. Aus der verbrauchten Natriumhyposulfitmenge wurde sodann mittelst Rechnung die Menge des reduzierten Kupfers gefunden und mit der Allihn'schen Tabelle die zugehörenden Zuckermengen abgelesen. Nachstehend habe ich eine tabellarische Uebersicht der gefundenen Werte gegeben.

[1] Das Gewicht des Apfels blieb dabei fast absolut constant.

5 ccm. Kupferlösung = 13,6 $^1/_{10}$ Na_2, S_2, O_3.
1 ccm. $^1/_{10}$ norm. Natriumhyposulfit = 6,3 Cu.

Angewandte Substanz				Filtrat		Kupferlösung nach dem Kochen			Berechnung des Gesamtfiltrats				Aus 100 g Äpfel gehen in Lösung
Sorte	Gramm	Zustand	Zerkleinerungsgrad	ccm. gesamt	ccm. untersucht	ccm. gesamt	ccm. titriert	ccm. $^1/_{10}$ normal Na_2, S_2, O_3 verbraucht	5 cbcm. Apfelfiltrat liefern (als Kupferoxydul)	Mg. Cu.	Entsprechend Mg. Zucker	Also enthält das Gesamtfiltrat Mg. Zucker	% Zucker
Aepfel	10	ungekocht	Stücke von 1 ccm.	60	5	250	25	6,4	$\frac{(68,0-250.6,4)\ 6,3}{25}$	25,20	13,86	166,32	1,7
	„	„	1 ccmm.	„	„	„	„	5,5	$\frac{(68,0-250.5,5)\ 6,3}{25}$	81,9	41,769	561,28	5
	„	„	gerieben	„	„	„	„	4,7	$\frac{(68,0-250.4,7)\ 6,3}{25}$	132,30	67,371	808,45	8,1
	„	gekocht	Stücke von 1 ccm.	„	„	„	„	5,9	$\frac{(68,0-250.5,9)\ 6,3}{25}$	56,7	29,37	352,44	3,5
	„	„	Stücke von 1 cbmm.	„	„	„	„	4,5	$\frac{(68,0-250.4,5)\ 6,3}{25}$	144,9	73,8	885,6	8,9
	„	„	gerieben	„	„	„	„	3,2	$\frac{(68,0-250.3,2)\ 6,3}{25}$	214,9	110,058	1320,69	13,2

In etwas modifizierter Weise entwickelte sich der II. Versuch über die Löslichkeit des Zuckers aus den Moorrüben. Da die Möhre aus verschiedenen Schichten, einer roten, süsseren und wasserreichen Aussenform und aus einer gelben, holzigeren und minder süssen Kernschicht besteht, so verwandte ich zum Würfelschneiden und Reiben nur die Aussenzone. Die zu kochenden Portionen liess ich diesmal nach Zubereiten und Wiegen im rohen Zustand in einzelnen Portionen im Dampftopf weich werden, und zwar dämpfte ich im I. Versuch 45 Minuten, im II. Versuch 60 Minuten. Bei dem I. Versuch, der quasi als Vorversuch anzusehen ist, bestimmte ich die Löslichkeitsverhältnisse des in der Möhre in geringerem Prozentsatz enthaltenen Traubenzuckers. Der II. eigentliche Versuch giebt in modifizierter Anordnung über die Löslichkeitsverhältnisse des in der Rübe hauptsächlich vorhandenen Rohrzuckers Aufschluss. Rohrzucker selbst ist als solcher in der bisher angegebenen Weise durch Kupferreduction nicht zu bestimmen, wohl aber nach Inversion durch die Zellinversionsmethode.

Ich nahm 37 ccm. Rüben-Filtrat, versetzte dasselbe mit 37 ccm. Salzsäure von ca. 1,19 spec. Gewicht, erhitzte auf dem Wasserbade auf 67—70° 5 Minuten lang. Durch Einstellen in Wasser liess ich die Lösung erkalten, füllte mit Wasser bis 50 auf und neutralisierte die Lösung. Da der Vorversuch ergeben hatte, dass von rohen Würfeln nur wenig Zucker in Lösung ging, dagegen die gedämpften und geriebenen Portionen sehr viel Zucker abgeben, so kam ich zu folgender Zusammenstellung der mit FEHLING'scher Lösung zu kochenden aliquoten Teile des Filtrats:

Rüben (roh)	Auf Fehling'sche Lösung	Filtrat	Wasser	Gesamtflüssigkeitsmenge
Bei Stücken von 1 ccm.	kam auf 40 ccm	35 ccm	25 ccm	100 ccm
Bei 1 cmm.	„ „ „ „	25 „	35 „	„ „
Bei gerieben	„ „ „ „	5 „	55 „	„ „
Rüben gedämpft				
Bei 1 ccm.	„ „ „ „	25 „	35 „	„ „
Bei 1 cmm.	„ „ „ „	10 „	50 „	„ „
Bei gerieben	„ „ „ „	5 „	55 „	„ „

Die Kochdauer betrug 2 Minuten. Aus dem ermittelten Kupfer wurde die Menge des Invertzuckers und Rohrzuckers aus der MEISSEL-BAUMANN'schen Tabelle abgelesen.

Versuch II mit jungen Moorrüben. — Untersuchung auf direct reducierende Zuckerarten.
5 ccm. Kupferlösung = 13,6 $^1/_{10}$ $Na_2 S_2 O_3$.

Angewandte Substanz				Filtrat		Kupferlösung nach dem Kochen			Berechnung des Gesamtfiltrats				
Sorte	Gramm	Zustand	Zerkleinerungsgrad	ccm. gesamt	ccm. untersucht	ccm. gesamt	ccm. titriert	ccm. $^1/_{10}$ normal $N_2 S_2 O_3$	Ansatz	Mg. Cu. verbraucht	Mg. Zucker	Zucker im Gesamtfiltrat	% Zucker
Junge Moorrüben	10	ungekocht	Stückevon 1 cbcm.	60	20	250	25	6,8	$\frac{(68,0-250.6,8)}{25}$ 6,3	Spuren 0	Spuren 0	Spuren 0	—
	„	„	Stückevon 1 cbmm.	„	20	„	„	6,8	$\frac{(68,0-250.6,8)}{25}$ 6,3	Spuren 0	Spuren 0	Spuren 0	—
	„	„	gerieben	„	10	„	„	6,2	$\frac{(68,0-250.6,2)}{25}$ 6,3	37,8	20,16	120,96	1
	„	gekocht	Stückevon 1 cbcm.	„	20	„	„	6,3	$\frac{(68.0-250.6,3)}{25}$ 6,3	31,5	16,8	50,4	0,5
	„	„	Stückevon 1 cbmm.	„	20	250	„	6,3	$\frac{(68,0-250.6,3)}{25}$ 6,3	31,5	16,8	50,4	0,5
	„	„	gerieben	„	10	„	„	5,7	$\frac{(68,0-250.5,7)}{25}$ 6,3	69,3	35,442	212,652	2

Versuch III mit
Untersuchung auf den Gesamtzucker-
5 ccm. Kupferlösung =
1 ccm. $^1/_{10}$ normal Natrium-

Angewandte Substanz				Filtrat		Kupferlösung nach dem Kochen		
Sorte	Gramm	Zustand	Zerkleinerungsgrad	ccm. gesamt	ccm. untersucht	ccm. gesamt	ccm. titriert	verbraucht ccm, $^1/_{10}$ normal $Na_2S_2O_3$
Junge Moorrüben	10	ungekocht	1 ccm.	50	35	250	25	5,4
	„	„	1 cbmm.	„	25	„	„	4,1
	„	„	gerieben	„	5	„	„	4,2
	„	gedämpft	1 ccm.	„	25	„	„	4,3
	„	„	1 cbmm.	„	10	„	„	3,0
	„	„	gerieben	„	5	„	„	

Die von mir zusammengestellten Tabellen über Zuckerlöslichkeit lehren nun Folgendes: Es steigert sich mit dem Grade der Zerkleinerung die Löslichkeit des in Apfel und Rübe enthaltenen Zuckers. Auch das Kochen hat einen grossen Einfluss, doch steht die in Lösung übergehende Zuckermenge des geriebenen rohen Apfels nicht bedeutend der des gekochten geriebenen Apfels nach, sodass augenscheinlich der Grad der Zerkleinerung von grösserem Belang ist. Analoge Resultate

ngen Moorrüben
halt (Inversion der Zuckerlösung.)
3,6 1/10 $Na_2 S_2 O_3$.
yposulfit = 6,3 Cu.

Berechnung des Gesamtfiltrats						Ans 100 g. Rüben gehen in Lösung	
35..25....5...× Rübenfiltrat liefern als Kupferoxydul	Mg. Zucker	Entsprechend Mg. a) Invert-	Entsprechend Mg. b) Rohrzucker	Also enthält das Gesamtfiltrat Mg. a) Invert-	Also enthält das Gesamtfiltrat Mg. b) Rohrzucker	% Invert-	% Rohrzucker
68,0 — 250.5,4) 6,3 / 25	88,2	45,97	44,65	65,67	63,8	0,65	0,63
68,0 — 250.4,1) 6,3 / 25	170,1	89,7	85,7	179,4	171,4	1,79	1,71
68,0 — 250.4,2) 6,3 / 25	163,8	86,3	82,5	863,0	825,0	8,6	8,2
68,0 — 250.4,3) 6,3 / 25	157,5	82,9	79,3	165,8	158,6	1,65	1,58
68,0 — 250.3,0) 6,3 / 25	239,9	128,5	122,59	642,5	612,95	6,4	6,1
68,0 — 250.41) 6,3 / 25	182,7	96,62	92,36	966,2	923,6	9,66	9,23

gab der Rübenversuch. Auch hier geht mit der Zunahme der Zerkleinerung eine Steigerung der Löslichkeitsziffern des Zuckers einher, in dem Verhältnis von 0,7:2:9, daneben wiederum der bemerkenswerte Einfluss des Kochens!

Ich komme nun zu der interessanten

zweiten Versuchsreihe.

Die Anordnung unterscheidet sich von der ersten dadurch, dass wir es hier mit Produkten wie Kartoffeln und Maccaroni zu thun haben, in denen der Zucker

nicht praeformiert, sondern erst durch Einwirkung von Fermenten auf Stärkemehl gebildet wird. Als Ferment benutzte ich Malzdiastase, bezogen von der Firma Dr. Grübler, Dresden, und zwar eine 1% Lösung, die ich durch Verreiben der Diastase in Wasser von Körpertemperatur gewann.

Versuch IV und V.

Je 10 g junger Kartoffeln (Veroneser) wurden in der bekannten Weise zerkleinert, einmal in ungekochtem, dann in gekochtem Zustande, die einzelnen Portionen mit 50 ccm Diastaselösung versetzt und 1 Stunde ihrer Einwirkung bei Brutschrankwärme ausgesetzt. Nach Herausnahme wurde eine weitere Wirkung der Diastase durch Zusatz von 3 ccm Salzsäure noch vor dem Filtrieren unmöglich gemacht und das Filtrat auf 100 ccm aufgefüllt. Hiervon wurden nun 20 ccm in der oben ausführlicher beschriebenen Weise untersucht. Während Traubenzucker die FEHLING'sche Lösung durch 2 Minuten langes Kochen reduciert, beträgt die Kochdauer für die Reduktion durch Maltose 4 Minuten.

Ich hätte in Anbetracht der Thatsache, dass in der Mundhöhle schon nach 1/2 Minuten eine erhebliche Verzuckerung der Stärke nachzuweisen ist, die Kartoffeln auch kauen und die Wirkung des bei diesem Akt gebildeten Speichels im Brutschrank eine bestimmte Zeit lang einsetzen können. Allein Vorversuche in dieser Richtung belehrten mich, dass bei nicht tadellosem Gebiss diese Methode nur bei grosser Sorgfalt genaue Resultate giebt, weil Substanzverluste schwer vermeidlich sind.

Die Resultate des also mit Diastase angesetzten Versuchs habe ich umstehend in Tabellenform geordnet. Der Controlversuch ist von Herrn GÖTZ streng unabhängig von dem meinigen ausgeführt worden. Es entsprechen bei der Berechnung 5 cm FEHLINGscher Lösung = 13,9 1/10 norm $Na_2 S_2 O_3$ und

1 cm 1/10 norm. $Na_2 S_2 O_3$ = 6,3 mg Cu.

Versuch IV mit Kartoffeln.

5 ccm. Kupferlösung = 13,9 $^1/_{10}$ $Na_2S_2O_3$ 1 ccm. $^1/_{10}$ $Na_2S_2O_3$ = 6,3 Cu.

Angewandte Substanz				Filtrat		Kupferlösung nach dem Kochen			Berechnung des Gesamtfiltrats				Aus 100 g. n. Kartoffeln geh. Lösung
Neue Kartoffeln	Gramm	Zustand	Zerkleinerungsgrad	ccm. gesamt	ccm. untersucht	ccm. gesamt	ccm. titriert	ccm. $^1/_{10}$ normal $Na_2S_2O_3$	20 cbcm. des durch Einwirkung von Diastase gewonnenen Filtrats	liefern Cu. (als Kupferoxydul)	Entsprechend Mg. Zucker	Also enthält das Gesamtfiltrat Mg. Zucker	% Maltose
	10	ungekocht	Stückevon 1 ccm.	100	20	250	25	7,0	$\frac{(69{,}5-250.7{,}0)}{25}$ 6,3	0	0	0	0
	„	„	Stückevon 1 cbmm.	„	„	„	„	6,6	$\frac{(69{,}5-250.6{,}6)}{25}$ 6,3	22,05	18,596	92,98	0,9
	„	„	gerieben	„	„	„	„	6,3	$\frac{(69{,}5-250.6{,}3)}{25}$ 6,3	40,95	34,71	173,5	1,7
	„	gekocht	Stückevon 1 cbcm.	„	„	„	„	6,7	$\frac{(69{,}5-250.6{,}7)}{25}$ 6,3	15,75	13,283	66,415	0,6
	„	„	Stückevon 1 cbmm.	„	„	„	„	4,8	$\frac{(69{,}5-250.4{,}8)}{25}$ 6,3	135,45	118,19	590,95	5,9
	„	„	gerieben	„	10	„	„	5,1	$\frac{(69{,}5-250.5{,}1)}{25}$ 6,3	166,55	101,186	$\frac{\times 100}{10}$ 1011,86	10

Kontrolversuch V mit Kartoffeln.

5 ccm. Kupferlösung = 13,9 ccm. $^1/_{10}$ $Na_2S_2O_3$. 1 ccm. $Na_2S_2O_3$ = 6,3 Mg. Kupfer.

Angewandte Substanz				Filtrat		Kupferlösung nach dem Kochen			Berechnung des Gesamtfiltrats				Aus 100 g. n. Kartoffeln geh. i. Lösung:
Sorte	Gramm	Zustand	Zerkleinerungsgrad	ccm. gesamt	ccm. untersucht	ccm. gesamt	ccm. titriert	ccm. $^1/_{10}$ normal $Na_2S_2O_3$	20 cbcm. des durch Einwirkung von Diastaselösung auf Kartoffeln gewonnenen Filtrats	liefern Cu. (als Kupferoxydul)	Entsprechend Mg. Zucker	Also enthält das Gesamtfiltrat Mg. Zucker	% Maltose
Neue Kartoffeln	10	ungekocht	Stückevon 1 ccm.	100	20	250	25	7,2	(69,5-250.7,2) 6,3 / 26	0	0	0	0
„	„	„	Stückevon 1 cbmm.	„	„	„	„	6,8	(69,5-250.6,8) 6,5 / 25	9,45	7,96	39,8	0,39
„	„	„	gerieben	„	„	„	„	6,3	(69,5-250.6,3) 6,3 / 25	40,95	34,705	173,5	1,7
„	„	gekocht	Stückevon 1 ccm.	„	„	„	„	6,8	(69,5-250.6,8) 6,3 / 25	9,45	7,96	39,8	0,39
„	„	„	Stückevon 1 cbmm.	„	„	„	„	5,0	(69,5-250.5,0) 6,3 / 25	122,85	106,879	534,35	5
„	„	„	gerieben	„	10	„	„	5,1	(69,5-250.5,1) 6,3 / 25	116,55	101,398	$\times \frac{100}{10}$ / 1013,98	10

Aus den Zahlen der Tabelle leuchtet ohne Weiteres hervor, dass mit dem Grade der Zerkleinerung auch in demselben Verhältnis die Quantität des gebildeten Zuckers wächst. Während die grossen ungekochten Würfel gar keinen Zucker oder nur Spuren davon lieferten, näherte sich die Zuckerbildung bei 1 cbmm Stücke schon 1% und die geriebenen Kartoffeln lieferten die doppelte Menge. Viel deutlicher fallen die Unterschiede bei den gekochten Kartoffeln in die Augen, wo wegen der Sprengung der Cellulosehüllen durch das Kochen die Einwirkung der Diastase auf das Stärkemehl viel energischer statthaben konnte. Deutlicher brauchen wohl kaum die Zahlen für den Wert der Zerkleinerung der Speisen sprechen:

Bei grossen Würfeln kaum . . 1%
bei den kleinen Würfeln schon 6%
gerieben 10%

Versuch VI und VII.

Dieser Erfolg ermutigte mich ein weiteres im Haushalt viel verwendetes mehlhaltiges Nahrungsmittel, Maccaroni, auf sein Verhalten im obigen Sinne zu prüfen. Die Maccaronistangen wurden in Stücke von 1 cm, 1 mm Seitenlänge geschnitten oder im Mörser fein zerstossen. Die zweite ebenso hergestellte Gruppe wurde mit 60 ccm Wasser auf dem Wasserbad gekocht, nachdem sie auf Zimmertemperatur abgekühlt waren, mit 25 ccm Diastase in den Brutschrank ½ Stunde gesetzt. Die rohen Maccaroni wurden mit der gleichen Menge Diastaselösung behandelt. Da der Mehlgehalt der Maccaroni eine grosse Zuckerausbeute erwarten liess, wurden nur 5 g Substanz jedesmal angewendet. Der Erfolg war eklatant. Umstehende Tabellen geben eine Uebersicht.

Versuch VI mit Maccaroni.

5 ccm. Kupfersulfat = 13,9 ccm. $^1/_{10}$ Na_2 S_2 O_3.

Angewandte Suhstanz				Filtrat		Kupferlösung nach dem Kochen			Berechnung des Gesamtfiltrats				Aus 100 g. Maccaroni geh. i. Lösung
Sorte	Gramm	Zustand	Zerkleinerungsgrad	ccm. gesamt	ccm. untersucht	ccm. gesamt	ccm. titriert	ccm. $^1/_{10}$ normal $Na_2S_2O_3$	20 cbm. Maccroni liefern (als Kupferoxydul)	Mg. Cu.	Entsprechend Mg. Zucker	Also enthält das Gesamtfiltrat Mg. Zucker	% Zucker
Maccaroni	5	ungekocht	Stückevon 1 ccm.	100	20	250	25	6,8	$\frac{(69,5-250.6,8)\ 6,3}{25}$	9,45	5,7645	28,82	0,56
	,,	,,	Stückevon 1 cbmm.	,,	,,	,,	,,	6,7	$\frac{(69,5-250.6,7)\ 6,3}{25}$	15,75	8,662	43,31	0,86
	,,	,,	fein gestossen	,,	,,	,,	,,	6,2	$\frac{(69,5-250.6,2)\ 6,3}{25}$	47,25	24,475	122,35	2,4
	,,	gekocht	Stückevon 1 ccm.	,,	,,	,,	,,	6,5	$\frac{(69,5-250.6,5)\ 6,3}{25}$	28,35	15,120	75,60	1,4
	,,	,,	Stüekevon 1 cbmm.	,,	,,	,,	,,	5,3	$\frac{(69,5-250.5,3)\ 6,3}{25}$	103,95	52,91	264,55	5,9
	,,	,,	fein gerieben	,,	10	,,	,,	4,3	$\frac{(69,5-250.4,3)\ 6,3}{25}$	166,95	85,249	852,49	15

Kontrollversuch VII mit Maccaroni.

5 ccm. Kupferlösung = 13,9 $^1/_{10}$ $Na_2S_2O_3$.

Angewandte Substanz				Filtrat		Kupferlösung nach dem Kochen			Berechnung des Gesamtfiltrats				Aus 100 g. Maccaroni geh. i. Lösung
Sorte	Gramm	Zustand	Zerkleinerungsgrad	ccm. gesamt	ccm. untersucht	ccm. gesamt	ccm. titriert	ccm. $^1/_{10}$ normal $Na_2S_2O_3$	20 cbcm. Maccaronifiltrat liefern (als Kupferoxydul)	Mg. Cu.	Entsprechend Mg. Zucker	Also enthält das Gesamtfiltrat Mg. Zucker	% Zucker
Maccaroni	5	ungekocht	Stückevon 1 ccm.	100	20	250	25	6,8	$(69{,}5 - \frac{250}{25} . 6{,}8) \; 6{,}3$	9,45	5,7645	28,82	0,56
	„	„	Stückevon 1 cbmm.	„	„	„	„	6,7	$(69{,}5 - \frac{250}{25} . 6{,}7) \; 6{,}3$	15,75	8,662	43,31	0,86
	„	„	fein gestossen	„	„	„	„	6,2	$(69{,}5 - \frac{250}{25} . 6{,}2) \; 6{,}3$	47,25	24,4755	122,35	2,4
	„	„	Stückevon 1 ccm.	„	„	„	„	6,5	$(69{,}5 - \frac{250}{25} . 6{,}5) \; 6{,}3$	28,35	15,120	75,60	1,5
	„	„	Stückevon 1 cbmm.	100 + Kochwasser	„	„	„	5,4	$(69{,}5 - \frac{250}{25} . 5{,}4) \; 6{,}3$	97,65	248,50 +48,0	296,5	5,9
	„	„	fein gestossen	„	10	„	„	4,6	$(69{,}5 - \frac{250}{25} . 4{,}6) \; 6{,}3$	148,05	75,499	754,99	15

In dem rohen Zustand waren von

1 cm Stücken $^1/_2$%
1 mm „ fast 1%
gestossen . . $2^1/_2$%

im gekochten

1 cm . . . . $1^1/_2$%
1 mm . . fast 6%
gestossen . . 15% Zucker gebildet.

Dass das Kochen von wesentlichem Einfluss auf die Ausnützung mehl- oder zuckerhaltiger Nahrungsmittel ist, leuchtet nach obigen Zahlen ohne Weiteres ein. Für unsere Versuche von grösster Bedeutung aber ist die gefundene Thatsache, dass sich der gebildete Zuckerwert vielmal steigert, wenn die Nahrungsmittel verschiedene Grade der Zerkleinerung erfahren, wie es obiges Zahlenverhältnis 1 cm gekocht: gestossen, gekocht = $1^1/_2$: 15 deutlicher veranschaulicht als alle Worte.

Zum Schlusse komme ich noch gern der angenehmen Pflicht nach, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. K. B. Lehmann für die gütige Anregung zu der Arbeit und freundliche Unterstützung meinen aufrichtigsten Dank zu sagen. Desgleichen danke ich Herrn Assistent Dr. Lang und Herrn Götz für die freundlichen Bemühungen.